

УДК 551.234:581.524.5

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ТЕРМАЛЬНОГО ПОЛЯ И ЕЕ ОТРАЖЕНИЕ В СТРУКТУРЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЮГО-ВОСТОЧНОГО УЧАСТКА БОЛЬШЕ-БАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

© 2016 Т.Ю. Самкова, С.А. Рылова, Е.С. Кляпицкий

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006;
e-mail: samkova@kscnet.ru*

На основе данных термометрической и геоботанической съемок уточнена и детализирована структура термального поля, построена термометрическая карта юго-восточного участка Больше-Банного месторождения. Прослежены связи между значениями температуры почвы на глубине 50 см и растительными сообществами. Установлено, что локальные центры термоаномалии и прохождение изотермы 50°C на глубине 50 см можно определить по растительности. Показано, что точность отражения в растительности элементов пространственной структуры термального поля зависит от условий увлажнения.

Ключевые слова: термальное поле, термометрическая карта, структура растительности, Камчатка.

ВВЕДЕНИЕ

Широкое варьирование условий среды в пределах термальных полей, вплоть до экстремальных значений, находит отражение в значительной пространственной неоднородности растительного покрова. По мере приближения к термопроявлениям и роста напряжения действующих факторов растительные сообщества термальных полей по совокупности признаков (флористическому составу, проективному покрытию мохового и травяного ярусов, видовому разнообразию, жизненности растений) все более отличаются от зональных и в сочетании образуют картину микропоясности растительности.

Среди факторов, влияющих на микропоясность, исследователи отмечают температурный режим почв, степень увлажнения субстратов, химизм термальных вод, возможное влияние химического состава почв и скорость заселения растениями прогретых местообитаний (Нешатаева, 1994; Нешатаева и др., 2013; Плотникова, Трулевич, 1975; Трасс, 1963; Burns, Leathwick, 1995; Given, 1980). Нашими исследованиями (Самкова, 2007, 2009, 2014) установлено, что смена сообществ связана в первую очередь с изменением температурных характеристик. Причиной

микропоясного распределения растительных сообществ на термальном поле является существование зон различной тепловой интенсивности гидротермального процесса. Факторами, определяющими дифференциацию растительного покрова внутри зон различной тепловой интенсивности, являются щелочно-кислотные условия почв и увлажнение.

Выявленная связь между температурой почв и растительными сообществами позволяет использовать растительность при термометрической съемке. Например, по структуре растительного покрова составлена карта термальных полей Долины гейзеров (Завадская, Яблоков, 2012). Практическое использование структуры растительности при термометрической съемке требует, в частности, решения задачи определения элементов пространственной структуры термального поля, которые можно проследить по растительности. Кроме того, актуальной задачей является анализ закономерностей связи растительности и среды в условиях различных гидротермальных систем, а Больше-Банная гидротермальная система (рис. 1) находится в ряду наиболее крупных высокотемпературных систем на Камчатке.

Больше-Банские источники расположены в ~60 км на запад-юго-запад от г. Петропавловск-



Рис. 1. Район исследований (отмечен прямоугольником).

Камчатский, преимущественно на левом берегу р. Банная (рис. 1). Больше-Банное термальное поле, площадью ~ 0.5 км², включает в себя различные термопроявления: горячие и пульсирующие источники с температурой воды от 20–30°C до 90–99°C, паровые струи, грязевые и паровые котлы, обширные прогретые площадки.

Термометрические исследования на территории Больше-Банного термального поля проводятся уже более 50 лет. Первая термометрическая карта Больше-Банного источника была составлена в ходе детальных работ, осуществлявшихся Камчатским территориальным геологическим управлением в 1961–1969 гг. (Краевой и др., 1976). Далее, в ходе исследований, проводившихся сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН в 2005–2007 гг., была выполнена новая термометрическая карта центрального участка Больше-Банного месторождения (Леонов и др., 2008), детализация которой на юго-восточном участке Больше-Банного термального поля входила в задачи наших исследований летом 2013 г.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Термометрическая съемка проводилась в юго-восточной части Больше-Банного термального поля, на склоне северо-восточной экспозиции. Исследуемый участок (длиной ~ 130 м и шириной ~ 80 м) протянулся с северо-запада на юго-восток (рис. 2).

При составлении термометрических карт, как правило, используют данные по температуре на глубине от 0.5 (0.7) до 1.0 м, чтобы исключить влияние поверхностных факторов — осадков, охлаждения сильным ветром и т.д. (Вакин и др., 1976; Краевой и др., 1976; Леонов и др., 2008). В нашем исследовании измерения темпера-

туры почв и грунтов проводились на глубине 50 см, поскольку с ней связана характеристика границы рассредоточенного парения (Вакин и др., 1976), являющейся важным элементом пространственной структуры термального поля. Построение плана осуществлялось с привлечением данных геоботанической съемки.

Замеры температуры проводились с помощью контактного цифрового термометра ТК-5.03 по нерегулярной сети. Точки замеров распределялись по территории в соответствии со структурой растительного покрова. Мы сгустили сеть точек измерения на участках микропоясного строения и участках ярко выраженной мозаичности растительности для того, чтобы проследить связь растительности с температурой почв. Расстояние между точками варьировалось от 0.5 м до 5 м. В пределах больших относительно однородных растительных контуров замеры производились с расстоянием между точками 5–10 (15) м.

Точки измерений привязывались с помощью навигатора *GPS Garmin GPSmap 60Cx*. По полученным 173 точкам построен термометрический план (рис. 3).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Зафиксированные в ходе термометрической съемки температуры почв и грунтов на глубине 50 см варьируются в диапазоне от 22°C до 97°C (рис. 3). Можно выделить следующие особенности структуры температурного поля.

1. Термальное поле и расположенная внутри него цепочка локальных центров термоаномалии с температурой 65–70°C и 80–97°C вытянуты в северо-западном направлении. Эта основная особенность температурного поля объясняется тем, что большую роль в строении Больше-Бан-

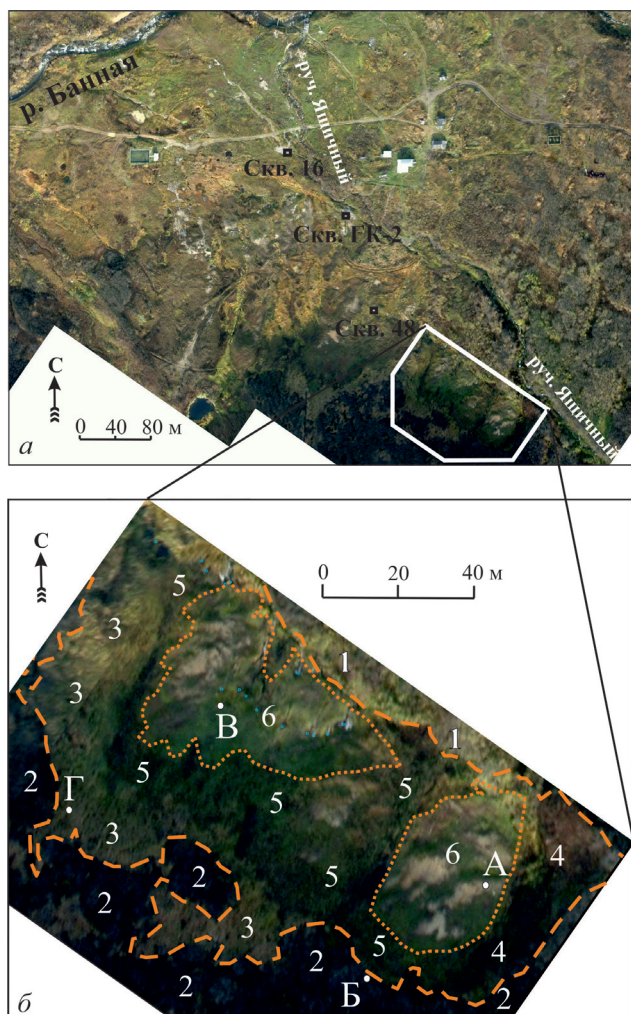


Рис. 2. Фотосхема района работ. Контуром обозначен участок проведения термометрической съемки. На врезке — размещение растительных сообществ на юго-восточном участке Больше-Банного термального поля. Пунктиром показаны контуры древесной (стланиковой) растительности, точечной линией — контуры низкотравных лугов. Леса: 1 — ивняки. Стланиковые сообщества: 2 — ольховые стланики. Высокотравные и разнотравные сообщества: 3 — веерниковые сообщества; 4 — высоко-травные сообщества; 5 — разнотравные сообщества. Низкотравные сообщества: 6 — сообщества термофитных лугов. АБ и ВГ — профили наблюдений. Фото В.Н. Двигало.

ного термального поля играют разрывные нарушения северо-западного направления (Леонов и др., 2008).

2. Распределение активности гидротермальной деятельности вдоль оси северо-западного простираения неоднородно: выделяются две области, околтуренные изотермой 50°C: юго-восточная и северо-западная.

3. Концентрическая зональность в расположении изотерм имеет следующие особенности. Изотермы в интервале от 20 до 40°C огибают весь исследованный участок. Изотерма 50°C очерчивает две области, внутри

которой изотермы в диапазоне от 60 до 80°C образуют многочисленные мелкие концентрические структуры.

4. Локальные очаги термоаномалии с температурой 65–70°C свойственны и юго-восточной, и северо-западной частям исследованной территории. Большая активность гидротермальной деятельности наблюдается в северо-западной части территории, здесь сосредоточены все локальные центры термоаномалии с температурой более 80°C (рис. 3).

Рассмотрим, как представленные особенности структуры температурного поля соотносятся с особенностями структуры растительности исследованного участка.

1. Луговые сообщества образуют вытянутый в направлении с юго-востока на северо-запад контур среди древесной (стланиковой) растительности (рис. 2б). Этот контур протягивается поперек склона северо-восточной экспозиции.

Контур луговых сообществ повторяет направление и общие очертания температурного поля. Растительность контура представлена сообществами лугов гидротермально-прогретых местообитаний: крупнотравных гигромезофитных (шеломайниковых), крупнотравных (вейниковых) лугов, разнотравных мезофитных и гигромезофитных лугов, а также сообществами термофитных лугов.

Контур луговых сообществ окаймлен сообществами ивняков и ольховых стлаников. На исследованной территории местообитания этих сообществ различаются характером увлажнения и температурным режимом. Сообщества ольхового стланика приурочены к мезоморфным практически непрогретым местообитаниям; на границе сообщества со стороны термального поля нами отмечена температура 26°C.

Поскольку термальные поля обычно околтуривают изотермой 20°C (Белоусов и др., 1976; Вакин и др., 1976), границы сообществ ольховых стлаников (со стороны термального поля) на исследованном участке приблизительно соотносятся с границами термального поля. Однако при увеличении увлажнения прослеживается смещение границы древесной растительности в сторону более высоких температур. Так, ивняки, околтуривающие луговые сообщества термального поля в более влажных условиях поймы ручья Ящичный (рис. 2), обнаруживают большую толерантность к высоким температурам: граница сообществ ивняков проходит по местообитаниям с температурой, достигающей 44°C.

2. В общем контуре луговых сообществ резко выделяются две области с низкотравной растительностью (рис. 2б), разделенные полосой

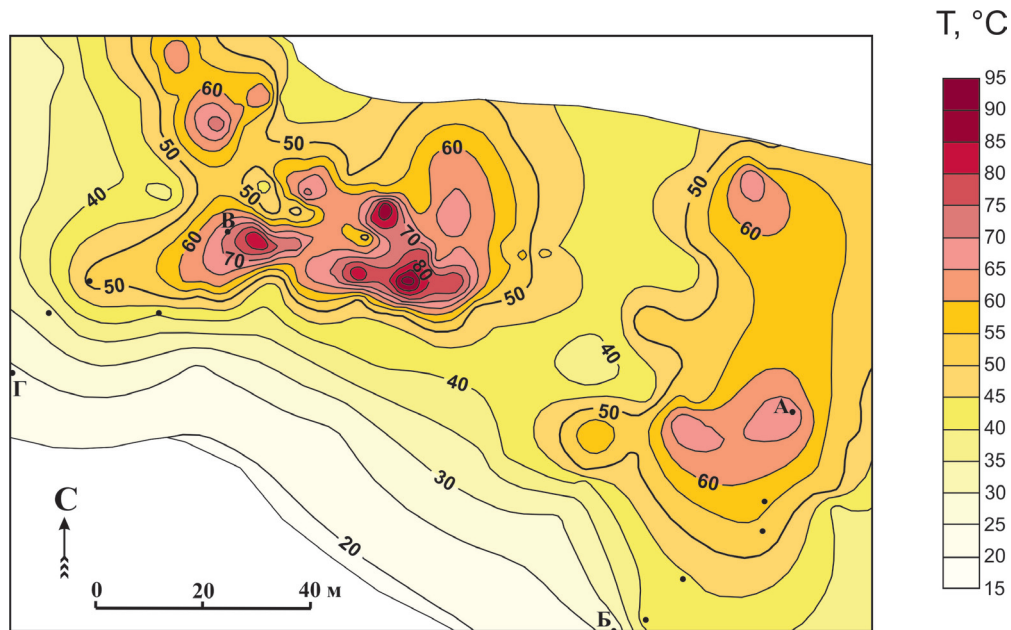


Рис. 3. Термометрический план юго-восточного участка Больше-Банного месторождения, выполненный по результатам термометрической съемки в августе-сентябре 2013 г. Изотермы (на глубине 50 см) проведены с интервалом 5°C. АБ и ВГ — профили наблюдений.

сообществ высокотравных и среднетравных лугов. Четко очерченные низкотравные контуры соотносятся с двумя участками температурного поля, оконтуренными изотермой 50°C: юго-восточным и северо-западным.

Анализ хода изотерм и характеристик растительного покрова показывает, что местонахождение изотермы 50°C прослеживается по изменению средней высоты растительного покрова и видового состава сообществ. При увеличении температуры выше 50°C происходит смена сообществ разнотравных лугов (гераниевых, василистниковых) сообществами лапчатки побегоносной с одновременным резким снижением средней высоты растительного покрова (рис. 4).

Четкое визуально распознаваемое различие растительных сообществ местообитаний с температурой выше и ниже 50°C как в районе Больше-Банного источника, так и на других термальных полях Камчатки объясняется скачкообразным ухудшением условий местообитаний при переходе через изотерму 50°C. Изотерма 50°C на глубине 50 см отмечает границу рассредоточенного парения (Вакин и др., 1976). На этой границе происходят качественные изменения условий среды для растений: от этой границы по направлению к центру термоаномалии простирается область, в которой гидротермальный пар достигает корнеобитаемого слоя почв. Здесь действует целый ряд неблагоприятных для растений факторов, совокупность которых приводит к тому, что в области рассредоточенного парения встречается небольшое число видов сосудистых

растений, при этом для растительного покрова характерна низкорослость.

Низкорослость растений в области рассредоточенного парения связана с двумя аспектами: изменением видового состава сообществ и снижением жизненности растений. Доминирование лапчатки побегоносной, высота которой не превышает 10 см, создает характерную картину низкотравных термофитных лугов. Снижение жизненности растений можно проследить по уменьшению высоты и диаметра побегов растений, обычных для растительных сообществ окружающей термопроявления территории, например, полыни пышной (Самкова, 2009).

Граница рассредоточенного парения на Больше-Банном термальном поле может проявляться по-разному (рис. 5). В первом случае, ей свойственна значительная линейная вытянутость. Она может быть в виде полосы разной ширины, значительно более узкой, чем пространства, которые она разделяет: с одной стороны — прогретые и экстремально прогретые, с другой стороны — слабо прогретые и практически непрогретые (рис. 5, граница 2а). Эта граница распознается визуально по изменению высоты растительного покрова и смене сообществ. Во втором случае, приграничные участки рассредоточенного парения разнообразных размеров и форм могут мозаично располагаться между более прогретыми местообитаниями (рис. 5, граница 2б). В этом случае границу рассредоточенного парения можно распознать по сообществам, характерным для данного интервала температур.



Рис. 4. Микропоясное распределение растительности на Больше-Банном термальном поле. 1 — сообщества *Fimbristylis ochotensis*; 2 — сообщества *Potentilla stolonifera*, сообщества *Prunella asiatica*; 3 — сообщества *Artemisia opulenta*, сообщества *Geranium erianthum*, сообщества *Thalictrum minus*; 4 — сообщества *Calamagrostis purpurea* subsp. *langsdoeffii*; 5 — ольховые стланики. Направление стрелок указывает снижение температуры почв. Вид с северо-востока на юго-запад. Фото Т.Ю. Самковой.

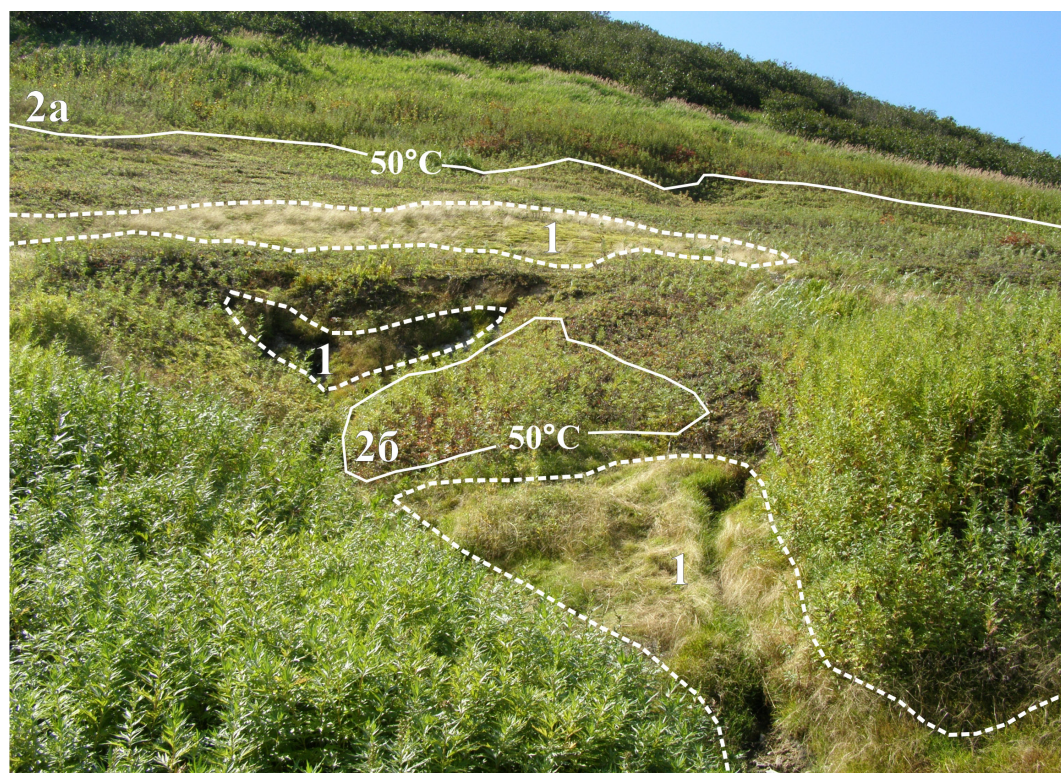


Рис. 5. Расположение локальных центров термоаномалии и границы рассредоточенного парения на юго-восточном участке Больше-Банного термального поля: 1 — локальные центры термоаномалии; 2 — граница рассредоточенного парения; 2а, 2б — варианты ее расположения. В верхней части снимка: в мезоморфных условиях локальные центры термоаномалии окружены низкотравными лугами. В нижней части снимка: в более влажных условиях нижней части склона локальные центры термоаномалии окружены высокорослыми полынными сообществами. Фото Т.Ю. Самковой.

При проведении наших исследований установлено, что для местообитаний с диапазоном температур 48–52°C наиболее характерны сообщества лапчатки побегоносной (*Potentilla stolonifera*): лапчатковое, разнотравно-лапчатковое, полынно-лапчатковое, черноголовково-лапчатковое, полынно-черноголовково-лапчатковое. В местообитаниях с температурой 50°C распространены лапчатковое, черноголовково-лапчатковое, разнотравно-лапчатковое сообщества.

Выделенные сообщества характерны для границы рассредоточенного парения в мезоморфных условиях средней части склона. Точность отражения в растительности этой границы зависит от условий увлажнения. В сходных температурных условиях (50°C на глубине 50 см) с увеличением увлажнения в нижней части склона низкорослые лапчатковые сообщества мезоморфных местообитаний сменяются высокорослыми полынными сообществами (рис. 5), и точность определения границы рассредоточенного парения снижается.

3. Спектр сообществ исследованного участка, проранжированный по степени прогремости местообитаний, представлен в таблице.

Пространственное распределение растительности соотносится с особенностями хода изотерм следующим образом.

Изотермы от 20 до 40°C огибают весь исследованный участок. Им соответствует расположение сообществ ольхового стланика ($\leq 26^\circ\text{C}$ на глубине 50 см) и вейниковых лугов ($\leq 35\text{--}43^\circ\text{C}$). Сообщества ольхового стланика распространены на востоке, юге и западе участка (рис. 2б). Вейниковые луга протягиваются широкой полосой на юге, юго-западе и западе (рис. 2б).

Интервал 40–45°C соотносится с расположением сообществ разнотравных лугов. Так же, как изотерма 40°C огибает весь участок, а изотерма 45°C повторяет очертания двух отдельных областей рассредоточенного парения, распространены и разнотравные луга. Они проходят полосой на юге, западе и востоке участка, а также располагаются между двумя областями рассредоточенного парения (рис. 2б).

Изотерма 50°C оконтуривает две области рассредоточенного парения с низкотравной растительностью, в которых распространены термофитные луга (рис. 2б): сообщества с доминированием фимбристилиса (*Fimbristylis ochotensis*), полевицы (*Agrostis scabra*), лапчатки (*Potentilla stolonifera*), черноголовки (*Prunella asiatica*). Встречаются также сообщества с преобладанием полыни (*Artemisia opulenta*), ириса (*Iris setosa*) и чистеца (*Stachys aspera*).

Внутри изотермы 50°C растительный покров характеризуется большей пестротой и сложностью, чем за ее пределами. Вокруг локальных центров термоаномалии на небольших расстояниях происходят частые смены растительности, связанные с изменениями температуры и влажности почвы, ее химического состава, определяемыми развитием гидротермальных процессов. Встречаются следующие формы микропоясности: параллельная, концентрическая, эксцентрическая, мозаичная. Расположенные на близких расстояниях локальные центры термоаномалии создают полицентрическую комплексность.

4. Локальные очаги термоаномалии с температурой $>80^\circ\text{C}$ сосредоточены в северо-западной части территории. Вследствие экстремально высоких температур растительность на этих участках или отсутствует, или представлена сообществами фимбристилиса охотского (*Fimbristylis ochotensis*). Здесь распространены фимбристилисовое, полевицево-фимбристилисовое, а также фимбристилисово-моховое и полевицево-фимбристилисово-моховое сообщества.

Локальные очаги термоаномалии с температурой от 65 до 70°C отмечены и в юго-восточной, и в северо-западной частях исследованной территории. Растительность на этих участках в большинстве случаев представлена вышеперечисленными сообществами фимбристилиса охотского. Однако в данном интервале температур также встречаются и другие фитоценозы: фимбристилисово-полевицево-черноголовково-лапчатковое и полынное сообщества.

Микропоясные ряды прослеживаются по всей площади лугового контура исследованного участка. Они расходятся от центров термоаномалии к периферии. Например, на участке АБ (рис. 2б, рис. 3), где на протяжении ~45 м происходит снижение температуры почвы на 44°C, вдоль градиента температуры сменяют друг друга сообщества: полевицево-фимбристилисово-моховое (70°C) → лапчатково-черноголовковое (56°C) → полынное низкорослое (54°C) → василистниково-гераниевое (47°C) → шеломайниковое (44°C) → вейниковое (43°C) → ольховник вейниковый (26°C). На участке ВГ (рис. 2б, рис. 3) вслед за падением температуры на 47°C на расстоянии ~36 м чередуются сообщества: фимбристилисово-полевицево-моховое (71°C) → разнотравно-лапчатковое (51°C) → василистниковое (40°C) → вейниковое (33–24°C).

Таким образом, концентрический характер изменений температурных условий среды находит отражение в микропоясной структуре растительности. Локальные центры термоаномалии занимают термофитные луга, сообщества фимбристилиса охотского. Их окружают

Температурные характеристики местообитаний.

| Растительные сообщества и группировки | Диапазон температур на глубине 50 см, °С | Средняя температура на глубине 50 см, °С |
|--|--|--|
| Фимбристилисовое и фимбристилисово-моховое (<i>Fimbristylis ochotensis</i> , <i>Agrostis scabra</i>) | 66.0-87.0 (9) | 75.3 |
| Полевицево-фимбристилисовое и полевицево-фимбристилисово-моховое (<i>Fimbristylis ochotensis</i> , <i>Agrostis scabra</i> , <i>Stachys aspera</i>) | 61.0-84.0 (10) | 69.1 |
| Лапчатково-фимбристилисовое (<i>Fimbristylis ochotensis</i> , <i>Potentilla stolonifera</i> , <i>Stachys aspera</i> , <i>Prunella asiatica</i> , <i>Artemisia opulenta</i>) | 55.0-73.0 (2) | 64.0 |
| Лапчатковое (<i>Potentilla stolonifera</i> , <i>Prunella asiatica</i> , <i>Artemisia opulenta</i> , <i>Sedum telephium</i> var. <i>purpureum</i> , <i>Carex</i> sp., <i>Agrostis scabra</i> , <i>Fimbristylis ochotensis</i>) | 47.0-79.0 (25) | 62.5 |
| Полынно-зюзниковое (<i>Lycopus uniflorus</i> , <i>Artemisia opulenta</i> , <i>Agrostis scabra</i>) | 61.0 (1) | 61.0 |
| Осоково-лапчатковое (<i>Potentilla stolonifera</i> , <i>Carex</i> sp., <i>Prunella asiatica</i> , <i>Sedum telephium</i> var. <i>purpureum</i> , <i>Asplenium incisum</i> , <i>Hypericum kamtschaticum</i> , <i>Moehringia lateriflora</i>) | 57.0-61.0 (2) | 59.0 |
| Сообщества с преобладанием черноголовки (<i>Prunella asiatica</i> , <i>Artemisia opulenta</i> , <i>Potentilla stolonifera</i> , <i>Sedum telephium</i> var. <i>purpureum</i> , <i>Hypericum kamtschaticum</i> , <i>Senecio integrifolius</i> , <i>Geum aleppicum</i> , <i>Moehringia lateriflora</i> , <i>Picris kamtschatica</i> , <i>Geranium erianthum</i>) | 51.0-74.0 (7) | 59.0 |
| Полынное (<i>Artemisia opulenta</i> , <i>Thalictrum minus</i> , <i>Calamagrostis purpurea</i> subsp. <i>langsdoeffii</i> , <i>Sedum telephium</i> var. <i>purpureum</i> , <i>Geum aleppicum</i> , <i>Stachys aspera</i> , <i>Prunella asiatica</i>), также в виде заросли. | 49.0-73.0 (9) | 58.8 |
| Фимбристилисово-полевицевое (<i>Agrostis scabra</i> , <i>Fimbristylis ochotensis</i>) | 57.0-59.0 (2) | 58.0 |
| Сообщества с преобладанием чистеца (<i>Stachys aspera</i> , <i>Agrostis scabra</i> , <i>Artemisia opulenta</i> , <i>Sedum telephium</i> var. <i>purpureum</i> , <i>Prunella asiatica</i> , <i>Hypericum kamtschaticum</i> , <i>Fimbristylis ochotensis</i> , <i>Ophioglossum thermale</i>) | 53.0-60.0 (5) | 57.8 |
| Черноголовково-лапчатковое (<i>Potentilla stolonifera</i> , <i>Prunella asiatica</i> , <i>Artemisia opulenta</i> , <i>Sedum telephium</i> var. <i>purpureum</i> , <i>Agrostis scabra</i> , <i>Carex</i> sp., <i>Senecio integrifolius</i> , <i>Moehringia lateriflora</i>) | 48.0-70.0 (6) | 57.7 |
| Зюзниково-полынное (<i>Artemisia opulenta</i> , <i>Lycopus uniflorus</i> , <i>Agrostis scabra</i>) | 50.0-65.0 (3) | 57.7 |
| Полынно-лапчатковое (<i>Potentilla stolonifera</i> , <i>Artemisia opulenta</i> , <i>Prunella asiatica</i> , <i>Sedum telephium</i> var. <i>purpureum</i> , <i>Carex</i> sp., <i>Agrostis scabra</i>) | 49.0-70.0 (8) | 57.4 |
| Полынно-моховое (<i>Artemisia opulenta</i> , <i>Potentilla stolonifera</i> , <i>Prunella asiatica</i> , <i>Sedum telephium</i> var. <i>purpureum</i> , <i>Hypericum kamtschaticum</i> , <i>Stachys aspera</i> , <i>Fimbristylis ochotensis</i>) | 46.0-63.0 (4) | 56.8 |
| Сообщества с преобладанием ириса (<i>Iris setosa</i> , <i>Artemisia opulenta</i> , <i>Stachys aspera</i> , <i>Pedicularis resupinata</i> , <i>Parnassia macrocephala</i> , <i>Eleocharis</i> sp.) | 54.0-55.0 (2) | 54.5 |
| Василистниково-полынное (<i>Artemisia opulenta</i> , <i>Thalictrum minus</i> , <i>Sedum telephium</i> var. <i>purpureum</i>) | 48.0-58.0 (3) | 53.7 |
| Разнотравно-лапчатковое (<i>Potentilla stolonifera</i> , <i>Geranium erianthum</i> , <i>Prunella asiatica</i> , <i>Senecio integrifolius</i> , <i>Artemisia opulenta</i>) | 40.0-57.0 (14) | 50.1 |
| Чистецово-полынное (<i>Artemisia opulenta</i> , <i>Stachys aspera</i> , <i>Agrostis scabra</i> , <i>Eleocharis</i> sp.) | 49.0-51.0 (2) | 50.0 |
| Полынно-василистниковое (<i>Thalictrum minus</i> , <i>Artemisia opulenta</i> , <i>Aruncus dioicus</i> , <i>Filipendula camtschatica</i> , <i>Cirsium kamtschaticum</i> , <i>Angelica gmelinii</i> , <i>Geranium erianthum</i> , <i>Picris kamtschatica</i>) | 40.0-55.0 (7) | 45.4 |
| Ивняк шеломайниковый (<i>Salix udensis</i> + <i>Filipendula camtschatica</i> , <i>Artemisia opulenta</i> , <i>Calamagrostis purpurea</i> subsp. <i>langsdoeffii</i>) | 44.0 (1) | 44.0 |
| Лапчатково-кошачьялапковое (<i>Potentilla stolonifera</i> , <i>Antennaria dioica</i> , <i>Prunella asiatica</i> , <i>Geranium erianthum</i> , <i>Senecio integrifolius</i> , <i>Castilleja pallida</i> , <i>Sanguisorba tenuifolia</i>) | 43.0-44.0 (2) | 43.5 |

Таблица. Окончание

| | | |
|---|----------------|------|
| Сообщества с преобладанием герани (<i>Geranium erianthum</i> , <i>Artemisia opulenta</i> , <i>Thalictrum minus</i> , <i>Potentilla stolonifera</i> , <i>Aruncus dioicus</i> , <i>Senecio integrifolius</i> , <i>Angelica gmelinii</i> , <i>Picris kamschatica</i> , <i>Maianthemum dilatatum</i> , <i>Galium boreale</i>) | 27.0-57.0 (12) | 42.9 |
| Шеломайниковое (<i>Filipendula camtschatica</i> , <i>Artemisia opulenta</i> , <i>Calamagrostis purpurea</i> subsp. <i>langsдорffii</i> , <i>Cirsium kamschaticum</i> , <i>Maianthemum dilatatum</i>) | 34.0-52.0 (7) | 42.9 |
| Василистниковое (<i>Thalictrum minus</i> , <i>Artemisia opulenta</i> , <i>Aruncus dioicus</i> , <i>Geranium erianthum</i> , <i>Calamagrostis purpurea</i> subsp. <i>langsдорffii</i> , <i>Cirsium kamschaticum</i> , <i>Picris kamschatica</i>) | 36.0-48.0 (9) | 41.2 |
| Полынно-лапчатково-телиптерисовое (<i>Thelypteris palustris</i> , <i>Potentilla stolonifera</i> , <i>Artemisia opulenta</i> , <i>Ophioglossum thermale</i> , <i>Stachys aspera</i> , <i>Prunella asiatica</i>) | 41.0 (1) | 41.0 |
| Разреженный покров с преобладанием майника (<i>Maianthemum dilatatum</i> , <i>Potentilla stolonifera</i> , <i>Prunella asiatica</i> , <i>Cirsium kamschaticum</i> , <i>Artemisia opulenta</i>) | 38.0 (1) | 38.0 |
| Разреженные группировки на нарушенных участках (<i>Cirsium kamschaticum</i> , <i>Geranium erianthum</i> , <i>Chamerion angustifolium</i> , <i>Picris kamschatica</i> , <i>Artemisia opulenta</i> , <i>Dactylorhiza aristata</i>) | 38.0 (1) | 38.0 |
| Вейниковое (<i>Calamagrostis purpurea</i> subsp. <i>langsдорffii</i> , <i>Artemisia opulenta</i> , <i>Chamerion angustifolium</i> , <i>Thelypteris palustris</i> , <i>Maianthemum dilatatum</i> , <i>Picris kamschatica</i> , <i>Cicuta virosa</i>) | 22.0-49.0 (11) | 32.4 |
| Ольховник вейниковый (<i>Alnus fruticosa</i> + <i>Calamagrostis purpurea</i> subsp. <i>langsдорffii</i> , <i>Dryopteris expansa</i> , <i>Trientalis europea</i> subsp. <i>arctica</i>) | 26.0 (1) | 26.0 |

Примечание. В скобках указано число измерений.

относительно большие площади, занятые сообществами лапчатки побегоносной. Далее следуют разнотравные мезофитные луга гидро-термально-прогретых местообитаний. На периферии протягиваются полосы вейниковых лугов, шеломайниковых лугов. И, наконец, окаймляют рассматриваемый луговой контур ольховые стланики и ивняки.

Структуру растительности юго-восточного участка Больше-Банного термального поля можно охарактеризовать как микропоясные ряды вокруг двух областей, характеризующихся полицентрической комплексностью, отражающей размещение многочисленных локальных центров термоаномалии.

ВЫВОДЫ

1. На основе данных термометрической и геоботанической съемок уточнена структура термального поля, построена термометрическая карта юго-восточного участка Больше-Банного месторождения.

2. Установлено, что определенные элементы пространственной структуры термального поля отражаются в растительности:

– направление и общие очертания термального поля северо-западного простираения повторяются в контуре луговых сообществ;

– двум областям с температурой $\geq 50^{\circ}\text{C}$ соответствуют два контура низкотравной луговой растительности;

– к локальным центрам термоаномалии с температурой $> 70^{\circ}\text{C}$ приурочены сообщества фимбристелиса охотского.

3. Показано, что определить прохождение изотермы 50°C (на глубине 50 см) позволяет визу-

ально распознаваемое различие растительных сообществ местообитаний с температурой выше и ниже 50°C , заключающееся в изменении средней высоты растительного покрова и видового состава сообществ.

4. Установлены особенности проявления на поверхности изотермы 50°C , экологическое значение которой связано с границей рассредоточенного парения. В мезоморфных условиях изотерму 50°C (на глубине 50 см) на поверхности отмечают лапчатковое, разнотравно-лапчатковое, полынно-лапчатковое, черноголовково-лапчатковое, полынно-черноголовково-лапчатковое сообщества. Граница рассредоточенного парения может быть линейно вытянутой, а также может проявляться в виде участков разнообразных размеров и форм. В первом случае граница предстает в виде полосы разной ширины, оконтуривающей относительно большую область сильно прогретых местообитаний и отделяющей ее от менее прогретых территорий. Во втором случае небольшие участки с температурой 50°C могут мозаично располагаться среди сильно прогретых местообитаний.

5. Показано, что точность отражения в растительности элементов пространственной структуры термального поля зависит от условий увлажнения — в мезоморфных условиях она выше. При увеличении увлажнения граница древесной растительности смещается в сторону более высоких температур. Также меняется спектр сообществ, соответствующих изотерме 50°C — низкорослые лапчатковые сообщества мезоморфных местообитаний сменяются высокорослыми полынными сообществами, и точность определения местонахождения этой изотермы снижается.

6. Распределение изотерм в пространственной структуре термального поля отражается в микропоясном распределении растительных сообществ. В целом структуру растительности на исследованном участке Больше-Банного месторождения можно представить как микропоясные ряды вокруг двух областей, характеризующихся полицентрической комплексностью.

Проведенное исследование позволяет рекомендовать использование данных геоботанической съемки при составлении термометрических карт.

Авторы выражают благодарность к.г.-м.н. В.Л. Леонову за помощь в проведении термометрической съемки, а также Ю.А. Куракину за поддержку в организации полевых исследований на Больше-Банном термальном поле.

Список литературы

- Белоусов В.И., Сугробов В.М., Сугробова Н.Г.* Геологическое строение и гидрогеологические особенности Паужетской гидротермальной системы // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки / Отв. ред. В.М. Сугробов. Владивосток, 1976. С. 23–57.
- Вакин Е.А., Декусар З.Б., Серезников А.И., Спиченкова М.В.* Гидротермы Кошелевского вулканического массива // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки / Отв. ред. В.М. Сугробов. Владивосток, ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 58–84.
- Завадская А.В., Яблоков В.М., Прозорова М.В.* Геоинформационное картографирование термальных полей по структуре растительного покрова (на примере долины р. Гейзерной) // Труды Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. Вып. 2 / отв. ред. В.И. Мосолов. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2012. С. 103–119.
- Краевой Ю.А., Оханкин В.Г., Серезников А.И.* Результаты гидрогеологических и геотермических исследований Большебанной и Карымчинской гидротермальных систем // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки / Отв. ред. В.М. Сугробов. Владивосток, 1976. С. 179–211.
- Леонов В.Л., Рогозин А.Н., Соболевская О.В.* Результаты термометрической съемки Больше-Банных термальных источников (Южная Камчатка) // Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога, 27–29 марта 2008 г. / Отв. ред. Е.И. Гордеев. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2008. С. 197–206.
- Нешатаева В.Ю.* Растительные группировки окрестностей горячих ключей // Растительность Кроноцкого государственного заповедника (Восточная Камчатка). Труды Ботанического ин-та РАН. 1994. Вып. 16. С. 195–201.
- Нешатаева В.Ю., Пестеров А.О., Кораблев А.П.* Растительность термальных полей кальдеры вулкана Узон (Восточная Камчатка) // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2013. № 2. С. 22–38.
- Плотникова Л. С., Трулевич Н. В.* Зависимость флористического состава бассейна р. Паужетки от геотермальных источников // Бюллетень Главного ботанического сада АН СССР. 1975. Вып. 98. С. 49–52.
- Самкова Т.Ю.* Влияние гидротермального процесса на растительность (на примере Паужетской гидротермальной системы Камчатки). Автореф. дисс. канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский, 2009. 24 с.
- Самкова Т.Ю.* Связь между пространственной структурой гидротермального процесса и распространением сообществ лапатки побегоносной на термальных полях Паужетской и Больше-Банной гидротермальных систем (Южная Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2014. № 1. Вып. 23. С. 186–199.
- Самкова Т.Ю.* Структура растительности термального поля как отражение пространственной структуры гидротермальных процессов (на примере термальных полей Паужетской гидротермальной системы) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007. № 2. Вып. 10. С. 87–101.
- Трасс Х.Х.* О растительности окрестностей горячих ключей и гейзеров долины реки Гейзерной полуострова Камчатки // Исследование природы Дальнего Востока. Таллин: Изд-во АН ЭССР, 1963. С. 112–146.
- Burns B., Leathwick J.* Geothermal vegetation dynamics in Te Kopia Scenic Reserve. Wellington, N. Z.: Dept. of Conservation, 1995. 26 p.
- Given D.R.* Vegetation on heated soils at Karapiti, central North Island, New Zealand, and its relation to ground temperature // New Zealand journal of botany. 1980. № 18. P. 1–13.

**SPATIAL HETEROGENEITY OF THE THERMAL FIELD AND ITS REFLECTION IN
STRUCTURE OF THE VEGETATION COVER OF THE SOUTHEAST PART OF THE
BOLSHE-BANNY HIGH-TEMPERATURE DEPOSIT (SOUTHERN KAMCHATKA)**

T.Yu. Samkova, S.A. Rylova, E.S. Klyapitskiy

Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006

Based on data on thermometric and geobotanical survey, the authors updated the structure of the thermal field and plotted a thermometric map of a southeast part of the Bolshe-Banny thermal field. Relationships between certain intervals of temperatures at a depth of 50 cm and plant communities were tracked. The study revealed that the local centers of thermoanomaly and site of a 50 °C isotherm at a depth of 50 cm can be determined by vegetation quite precisely. The paper shows that the accuracy in detection of spatial structure elements of the thermal field in vegetation depends on moisture conditions.

Keywords: thermal field, thermometric map, vegetation structure, Kamchatka.